

Ⅲ - A 328

マルチステップ法の不飽和水分特性測定試験への適用性

ウメダジオリサーチ 正会員 梅田美彦

鳥取大学乾燥地研

井上光弘

1 はじめに

地下水の浸透予測の目的で飽和・不飽和浸透流解析が実施されることが多い。解析結果の信頼性を上げるためには、解析に用いる入力データがより現実に近いものである必要がある。入力データの中で、特に不飽和浸透特性（水分特性曲線、不飽和透水係数）については、国内ではまだ規格化された試験法もなく、十分な試験も行われないうまま経験値を使用しているような状況にある。マルチステップ加圧流出法は、比較的簡単に不飽和浸透特性を測定できる室内試験法として欧米では標準的な試験法になりつつある。今回本手法の適用性について調べることを目的として国内の3種類の材料について試験を実施したので報告する。

2 マルチステップ加圧流出法

マルチステップ加圧流出法は、Eching&Hopmans によって 1993 年に発表された不飽和水分特性の室内試験及び解析法である。この手法はそれ以前に行われていたワンステップ法を改良し、より現実に近い状況下で試験を行えるようにしたものである。

2.1 試験装置

試験装置の構成を右図に示す。主な装置は、試料を入れる試料容器、空気圧载荷のための空気圧発生装置と制御装置及び計測機器からなる。計測器は、試料内部の水圧を測定する圧力計、载荷する空気圧を測定する圧力計、排出される水分量を測定する電子秤及びデータロガーよりなる。

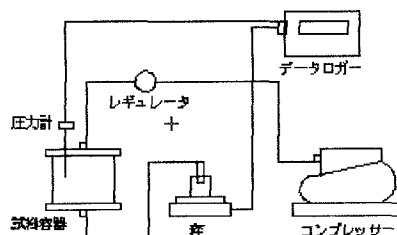


図-1 試験装置

2.2 試験方法

試料容器にあらかじめ含水比調整した土を詰めた後、試料内に水圧計を設置する。試料に通水して飽和させた後、試料上部より最初の空気圧を载荷し、排水量、水圧を計測する。排水がある程度終了した時点で次の空気圧を载荷し同様に計測を行う。空気圧の载荷を5から6回繰り返して計測を終了する。計測後に試料の含水比を測定して試験を終了する。

2.3 逆解析

試験の結果から FEM によるシミュレーションと計測結果の残差が最小になるように逆解析による水分係数の同定を行う。水分特性関数として Mualem-van Genuchten 式を用いる。

3 使用した材料

試験に用いた材料は粗砂、マサ土、ロームである。それぞれの飽和透水係数と乾燥密度を表-1に示す。これらは透水係数の大きなものから、小さなものまでを含みマルチステップ法の適用性を探るために選定した。

表-1 試験材料

名 称	透水係数 (cm/sec)	乾燥密度 (g/cm ³)
粗 砂	2.56×10^{-2}	1.38
マ サ 土	1.44×10^{-3}	1.47
ロ ー ム	9.44×10^{-6}	0.98

キーワード：浸透流解析、不飽和浸透特性、水分特性曲線、不飽和透水係数、室内試験

連絡先：ウメダジオリサーチ、梅田美彦、〒507-0826 多治見市脇之島町 7-33-1 TEL.FAX0572-24-2869

4 試験結果

4.1 計測結果

図-2はロームの測定で得られた空気圧、水圧、及び排水量の測定結果である。図にみられるように水圧は空気圧を載荷した時点で同じ圧力分だけ上昇するが、排水とともに低下していきやがてゼロとなるような曲線を描く。図-3には空気圧から水圧を差し引いてサクシジョンの経時変化を示した。逆解析はこのデータに対して行われる。

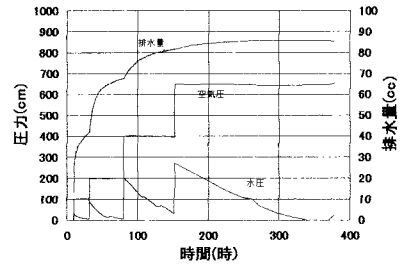


図-2 計測結果（ローム）

4.2 逆解析結果

図-3のサクシジョン及び排水量の経時変化に対して逆解析を実施した。結果は図中の実線で表されている。全期間にわたって比較的良好一致が得られている。

逆解析で得られた水分特性係数を元に、各材料について不飽和浸透特性を算出し図-4～6に示す。サクシジョンは、粗砂では θ が0.5で40cm、マサ土では θ が0.17で500cm、ロームでは θ が0.22で1000cmとなっている。また、不飽和透水係数は、粗砂で1~100cm/hr(2.7E-4~2.7E-2cm/sec)、マサ土で0.1~2.6cm/hr(2.7E-5~7.7E-4cm/sec)、ロームでは0.001~0.04cm/hr(2.7E-7~1.1E-5cm/sec)程度となった。これらの値はほぼ妥当なものと考えられる。

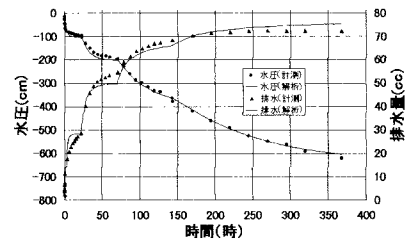


図-3 逆解析結果（ローム）

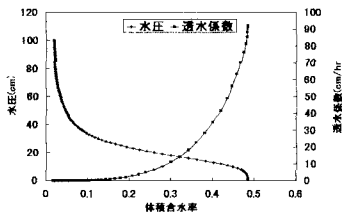


図-4 粗砂

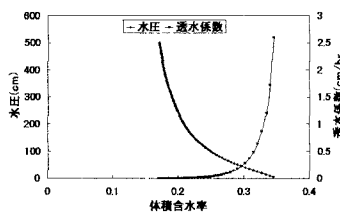


図-5 マサ土

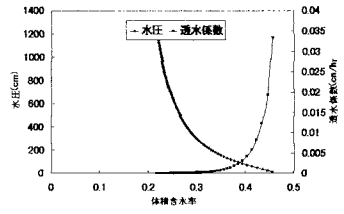


図-6 ローム

5. 試験法についての考察

今回、粗砂からロームまでの試料についての試験結果はほぼ妥当な結果がえられた。計測のみの試験に要した時間は、粗砂1日、マサ土10日、ローム15日であった。粘土の乾燥領域まで計測で追跡するためには長い時間が必要ながわかる。マルチステップ法は非定常法であり、排水初期のデータが得られれば解析は可能である。従って、計測時間を縮めようとすればさらに縮めることも可能である。ただし、この場合には含水率の大きな一部の領域データから全体を推定することになり精度が落ちてくるものと考えられる。また、粘土で乾燥領域まで測定しようとする必要があり、水圧を測定するためには、大きなサクシジョンに耐える水圧測定システムが必要となる。今後はこのような点について研究を進める必要がある。

参考文献

S.O.Eching & J.W.Hopmans:Inverse Solution of Unsaturated Soil Hydraulic Functions from Transient Outflow and Soil Water Pressure Data,LAWR-Hydrologic Science, April 1993